OM

EN KVANTITATIV BESTÄMNING

AF

VÄRMEVARIATIONERNA VID METALLTRÅDARS DILATATION OCH KOMPRESSION.

AKADEMISK AFHANDLING

SOM MED TILLSTÅND AF

VIDTBERÖMDA FILOSOFISKA FAKULTETENS
I UPSALA
MATEMATISK-NATURVETENSKAPLIGA SEKTION
FÖR VINNANDE AF FILOSOFIE DOKTORSGRAD

TILL OFFENTLIG GRANSKNING FRAMSTÄLLES

Å FYSISKA LÄROSALEN

ONSDAGEN DEN 25 MAJ 1898 KL. 10 F. M.

AF

ANDERS EMIL OSCAR ANDERSSON
Filosofie Licentiat af Södermanlands-Nerikes landskap.

OM

EN KVANTITATIV BESTÄMNING

AF

VÄRMEVARIATIONERNA VID METALLTRÅDARS DILATATION OCH KOMPRESSION.

AKADEMISK AFHANDLING

SOM MED TILLSTÅND AF

VIDTBERÖMDA FILOSOFISKA FAKULTETENS
I UPSALA
MATEMATISK-NATURVETENSKAPLIGA SEKTION

FÖR VINNANDE AF FILOSOFIE DOKTORSGRAD

TILL OFFENTLIG GRANSKNING FRAMSTÄLLES

Å FYSISKA LÄROSALEN

ONSDAGEN DEN 25 MAJ 1898 KL. 10 F. M.

AF

ANDERS EMIL OSCAR ANDERSSON
Filosofie Licentiat af Södermanlands-Nerikes landskap.

UPSALA 1898
AKADEMISKA BOKTRYCKERIET
EDV. BERLING.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548913_0064

I. Inledning.

De värmefenomen, som uppträda i en metalltråd vid en hastig ändring i dess tension, hafva första gången påvisats af W. WEBER[1]. Denne fann, att den ton, som en vibrerande stålsträng anger omedelbart efter en ändring i dess tension, är af annan tonhöjd än den, som erhålles, sedan någon tid fått förflyta efter tensionsändringen. Dessa variationer i tonhöjd tillskref han en genom en temperaturändring uppkommen variation i stålsträngens spänning. Då ingen yttre värmekälla existerade, slöt Weber, att en hastig ändring i en metalltråds tension åstadkommer en motsvarande temperaturvariation, nämligen så, att en afkylning uppträder vid sträckning och en uppvärmning vid sammandragning.

En teoretisk behandling underkastades ifrågavarande värmefenomen först 1851 af Sir W. THOMSON[2]. Ur andra hufvudsatsen inom mekaniska värmeteorien har han härledt sin bekanta formel, som anger relationen mellan ändringen i en metalltråds temperatur och spänning, då variationerna i spänning försiggå inom elasticitetsgränsen. Hans formel är

$$dt = \frac{T\alpha dS}{J\pi c},$$

der dt och dS betyda ändringarna i trådens temperatur och spänning,

---

[1] W. WEBER, Pogg. Ann. *96*, p. 177, 1830.
[2] W. THOMSON, Phil. mag. ser. IV t. XV, p. 541, 1858.

T trådens absoluta temperatur,
J värmets mekaniska ekvivalent,
π trådens vikt per längdenhet,
α lineära dilatationskoëfficienten och
c spec. värmet för tråden vid konstant spänning.

Experimentella undersökningar häröfver hafva utförts af JOULE, EDLUND, H. HAGA och A. WASSMUTH.

JOULE[1] använde för sin undersökning olikartade ämnen i form af stafvar. Emellertid lyckades han endast i kvalitativt hänseende att finna någon öfverensstämmelse med teorien. De af honom uppmätta temperaturändringarna visade nämligen rätt betydande differenser med de ur formeln beräknade.

EDLUND[2] har i tvenne arbeten lemnat en fullständig behandling af dessa fenomen. I stället för stafvar använde han metalltrådar. Ur sina undersökningar har Edlund härledt följande allmänna lagar[3]. Om en metall sträckes inom elasticitetsgränsen absorberas en värmekvantitet, proportionell mot den ändring, som trådens tension undergår; om den sträckta metallen derefter får sammandraga sig till sin ursprungliga volym, alstras en med den förra lika värmemängd, för så vidt tråden vid sammandragningen får uträtta ett yttre arbete, lika med det, som vid sträckningen gick förloradt.

Om deremot tråden fick återtaga sin ursprungliga volym, utan att förrätta något yttre arbete, fann Edlund, att en större värmekvantitet alstrades och att differensen mellan denna och den i föregående fall var ekvivalent med det arbete, som förbrukats vid sträckningen.

---

[1] JOULE, Phil. Mag. *8* p. 355 — Phil. Trans. *149* p. 91. 1859.

[2] EDLUND, Öfversigt af K. vet. ak. förh. 1861, p. 119 — Pogg. Ann. *114* p. 1. 1861.

[3] EDLUND, Öfversigt af K. vet. ak. förh. 1861 p. 151.

Vid sina kvantitativa bestämningar[1] fann Edlund en märklig differens mellan experiment och teori, i det de af honom experimentellt funna temperaturvariationerna endast uppgingo till omkring två tredjedelar af de enligt Thomsons formel teoretiskt beräknade. Edlund visar, att de af honom observerade variationerna inom gränsen för observationsfelen öfverensstämma med dem, som erhållas ur Thomsons formel, om der i stället för värmets mek. ekvivalent införes en konstant 682.7, då till enheter tagas meter och kilogram.

Thomsons formel skulle sålunda ega endast empirisk giltighet.

Detta resultat tillskrifver Edlund själf den omständigheten, »att vid den teoretiska beräkningen behörigt afseende ej kunnat fästas vid det inre arbetet»[2].

Detta kan ej vara någon förklaring, då Thomsons formel framgått ur en fullständig cirkelprocess och sålunda är oberoende af inre arbetet.

Den märkliga differensen mellan teorien och Edlunds undersökningar har upprepade gånger varit föremål för betraktelser.

Då man mot Edlunds försöksanordningar ej funnit anledning till anmärkningar, som vore tillräckliga att förklara den erhållna differensen, har man sökt förklaringen i de af honom vid verifierandet af formeln använda värdena på lineära dilatationskoëfficienten (α) och spec. värmet (c).

Edlund betjänade sig härvid af värden, hämtade ur tabeller af Lavoisier-Laplace och Regnault. Verdet[3] och St. Robert[4] hafva anmärkt, att α för en metall, som er-

---

[1] Edlund, Öfvers. af K. vet. ak. förh. 1865, p. 295. — Pogg. Ann. *126*, p. 539. 1865.

[2] Edlund, Öfvers. af K. vet. ak. förh. 1865, p. 325.

[3] Verdet, Oeuvres. t. VII p. 221. 1868.

[4] St. Robert, Ann. de chem. et phys. ser. 4. t. *14*, p. 256.

erhållit en viss spänning, möjligen hade ett annat värde än för en icke spänd sådan, såsom vid LAVOISIER's och LAPLACE' undersökningar. Detta har bekräftats af DAHLANDERS[1] undersökningar öfver dilatationskoëfficienten. Då emellertid α befunnits växa med tensionen, skulle denna omständighet endast bidraga till att göra den anmärkta differensen större.

RÜHLMANN[2] har framkastat den förmodan, att äfven spec. värmet (c) ändrades med trådens spänning. Det är dock ej sannolikt, att en dylik variation skulle vara stor nog att förklara den betydliga differens, som Edlund erhållit.

Hvad Edlunds experimentella anordningar beträffar, så kunna vissa anmärkningar göras mot den termostapel, hvaraf han betjänade sig. I denna, som utgjordes af tvenne vismuth- och antimonstafvar, af metallfjädrar pressade mot hvar sin sida af tråden, varierade elektriska ledningsmotståndet och följaktligen äfven galvanometerutslagen, alltefter som kontakten mellan stafvarne och tråden var mer eller mindre god. För den ändring i ledningsmotståndet, som uppkom derigenom att kontakten genom själfva sträckningen förändrades, har Edlund ej kunnat korrigera.

Stapelns tryck mot tråden hindrade dessutom förlängningen hos den del af densamma, som befann sig under själfva stafändarne; följden häraf blef tydligen en mindre temperaturvariation i denna punkt än om tråden varit fri[3].

HAGA[4] och WASSMUTH[5] hafva hvar för sig upptagit dessa fenomen till förnyad exsperimentell behandling. Deras undersökningsmetoder voro i princip lika den af EDLUND använda.

---

[1] DAHLANDER, Pogg. Ann. *145*, p. 147. 1872.
[2] RÜHLMANN, Mech. Wärmetheorie p. 529. 1876.
[3] RÜHLMANN, l. c., p. 229.
[4] H. HAGA, Wied. Ann. *15*, p. 1. 1882.
[5] A. WASSMUTH, Wien. Sitz. Ber. abth. II. *97*. p. 52. 1889.

Haga, som vid sin undersökning använde trådar af stål eller nysilfver, erhöll vid beräkning enligt Thomsons formel för värmets mek. ekvivalent de resp. värdena $J = 437.8$ och 428.1 kg. meter.

Wassmuth erhöll vid en bestämning med ståltråd $J = 422.8$ kg. meter.

Genom dessa senare undersökningar har sålunda öfverensstämmelse mellan teori och experiment vunnits. Af intresse torde dock vara att upptaga dessa fenomen till behandling medelst en metod, som gör det möjligt att verifiera teorien oberoende af värdet på spec. värmet hos den undersökta tråden.

I föreliggande afhandling skall jag framställa en sådan metod, hvartill Hr Prof. K. Ångström lemnat mig uppslaget, samt lemna en redogörelse för den undersökning, jag medelst denna metod varit i tillfälle att under hans ledning utföra vid *Upsala Fysiska Institution.*

I sammanhang härmed anhåller jag att få till Hr Professor Ångström framföra mitt hjärtliga tack för det intresse, hvarmed han städse omfattat mitt arbete, samt för de goda råd och den värdefulla hjälp, hvarmed han understödt detsamma.

II. Om metod och experimentella anordningar.

A. Metod.

Denna afser att med värmevariationerna vid en metalltråds sträckning eller sammandragning direkt jämnföra den värmemängd, som alstras af en galvanisk ström, som under bestämd tid ledes genom samma till undersökning gifna tråd.

Men den värmemängd, som dervid alstras, kan beräknas ur JOULE'ska lagen, så snart strömintensitet, ledningsmotstånd och tiden för strömmens fortvaro äro bestämda.

För den relativa bestämningen af värmevariationerna inom metalltråden betjänade jag mig af ett termoelement i förbindelse med en känslig spegelgalvanometer.

Termoelementet får ena gången angifva de temperaturvariationer, som uppträda vid trådens sträckning eller sammandragning, derpå den temperaturhöjning, som alstras, då en galvanisk ström ledes genom metalltråden ifråga.

Är nu tiden för värmevariationerna i båda dessa fall lika samt strömstyrkan så afpassad, att strömvärmet är lika med det vid trådens sträckning eller sammandragning absorberade eller alstrade värmet, så bör vinsten eller förlusten genom strålning och ledning för de termodynamiska fenomenen vara lika med förlusten i strömvärme.

För detta ideela fall kan sålunda strömvärmet antagas såsom mått på värmevariationerna vid sträckförsöken. Af undersökningen har dock framgått, att äfven den approximativa

likhet mellan ofvan anförda storheter, hvilken vid experimenten kunde uppnås, var för vårt behof tillräcklig.

Under förutsättning att de tråden och termoelementet omgifvande temperaturförhållandena ej undergått någon större förändring, bör sålunda den minskning i galvanometerutslag [pro skaldel af detsamma], som är en följd af temperaturutjämningen genom strålning och ledning under själfva observationen, kunna antagas vara lika i båda fallen.

Dess inflytande på slutresultatet kommer alltså att elimineras, och metoden gör derför hvarje korrektion för temperaturutjämningen obehöflig.

Beräkningen af de ifrågavarande värmekvantiteterna ur de i båda fallen observerade galvanometerutslagen och det beräknade strömvärmet blir nu tydligen mycket enkel.

Värmevariationerna erhållas dessutom bestämda i kalorier, hvarigenom vinnes, att för verifierandet af teorien kännedomen om spec. värmet blir obehöflig.

B. **Anordning vid sträckförsöken.**

1. *Termoelementet* var af följande enkla konstruktion. Utaf ett tunnt kopparbleck (0.05 mm) bildades ett cylindriskt rör af cirka 30 mm's längd och med en inre diameter motsvarande metalltrådens tjocklek. Vid detta rör fastlöddes dels en ledningstråd af koppar, dels en 30 à 40 mm lång tråd af konstantan, hvars andra ända var fastlödd vid en andra ledningstråd af koppar. Det hela bildade ett *koppar-konstantan-termoelement* med sitt ena lödställe på den å metalltråden anbragta kopparcylindern; det andra lödstället var fritt, egande omgifningens temperatur.

Det lilla cylindriska röret tjänstgör tydligen såsom ett slags kalorimeter, som mottager värme från eller afger värme till den af densamma omslutna metalltråden.

Cylindern skildes från tråden af ett för elektriciteten isolerande skikt. Detta åstadkoms genom att linda omkring tråden en af schellack-alkohol-lösning fuktad strimla af tunnt silkespapper. Så snart alkoholen afdunstat, bildade pappersstrimlan ett fast, tunnt skikt, hvaröfver cylindern sedermera anbragtes.

Att genom denna anordning en fullständig isolering erhållits, derpå lemnade följande försök ett säkert bevis. Galvanometern jämte termoelementet och metalltråden infördes i strömbanan till ett BUNSENS batteri och detta på så sätt, att det isolerande skiktet utgjorde en del af strömbanan.

Då intet spår till rörelse hos galvanometernålen kunde märkas, torde isoleringen få anses fullt betryggande.

2. *Galvanometern.* För uppmätandet af den termoelektriska strömmen användes en galvanometer af Prof. K. ÅNGSTRÖMS konstruktion. Utslagen aflästes med kikare, spegel och skala. Inom det område, som vid min undersökning kunde ifrågakomma, befanns utslaget vara exakt proportionellt mot strömintensiteten eller, då ledningsmotståndet i galvanometerledningen var konstant, proportionellt mot den elektromotoriska kraften. Då för de små temperaturdifferenser, som här ifrågakomma, proportionalitet kan anses ega rum mellan dessa differenser och den termoelektromotoriska kraften, så måste dessa och följaktligen äfven motsvarande värmevariationer vara proportionella mot galvanometerutslaget.

För att skyddas för störande luftströmmar var instrumentet ompackadt med bomull och omgifvet af en pappcylinder.

3. *Sträckapparaten.* För metalltrådarnes sträckning har användts en anordning, som är skematiskt framstäld i Fig. 1 å bifogade plansch.

Vid en dörrkarm fastskrufvades en 1.5 meter hög träbjälke (A) med sin bredsida i dörröppningens plan; längs denne och vertikalt mot dess plan fastskrufvades en andra bjälke (B) af samma höjd. Å öfre ändan af den senare fästades en stålplatta, hvarå medelst en stålegg en olikarmad häfstång hvilade. Mellan tvenne skenor å häfstången kunde medelst snören en rulle af trä föras fram och tillbaka. Denna rulle uppbar medelst ett hängsle och en skål de vikter (P), hvarmed tråden sträcktes. Häfstången tillika med belastningen i dess begynnelseläge balanserades af på andra sidan om eggen anbragta vikter (Q).

Häfstången var försedd med en i mm graderad skala, och vid hängslet var framför denna skala fästad en index för bestämmandet af belastningens förflyttning.

Mellan två fasta stålklämmor (K, K') fastskrufvades metalltråden; dess längd eller afståndet mellan klämmornas inre kanter, då häfstången intog ett horisontellt läge, var 148,0 cm eller vid en senare serie med korta trådlängder endast 25,0 cm.

För att skyddas för temperaturvexlingar hos den omgifvande luften, var tråden ompackad med bomull samt omgifven af dubbel skärm af papp.

Det visade sig, att vid rullens förflyttning skakningar hos häfstången uppstodo, hvilka störande inverkade på observationerna. För att förebygga detta anbragtes å häfstången ett slags dämpare (D). Denne utgjordes af en vid häfstångsarmen fastskrufvad trästaf, som uppbar tre vid densamma horisontellt fästade plåtskifvor och var nedsänkt i ett med vatten fyldt kärl. Denna dämpare förhindrade fullständigt alla oscillationer och skakningar hos häfstången.

Den *tensionsändring* (dS), som vid försöken meddelats tråden, erhålles ur följande hvar för sig bestämda kvantiteter:

P, som är belastningen å skålen;
p » vikten (0.301 kg) af rullen, hängslet och skålen tillsammans;
l » den aflästa förflyttningen;
λ » afståndet från eggens spets till trådens medellinie;
φ » häfstångens lutning mot horisontalplanet efter sträckningen;
h » afståndet mellan eggens spets och öfre kanten af skalans gradering; samt
μ » afståndet från klämmans undre kant till en genom eggens spets parallelt med häfstången dragen linie.

Med ledning af i fig. 2 framstälda skematiska teckning af häfstången framgår, att

$$dS = (P + p)\frac{l + h\,tg\,\varphi}{\lambda + \mu\,tg\,\varphi}.$$

Termerna $h\,tg\,\varphi$ och $\mu\,tg\,\varphi$, eller de korrektioner, som på grund af häfstångens konstruktion och lutning böra tilläggas de direkt aflästa afstånden l och λ, uppgingo, då den större trådlängden användes, endast till några tiondedels proc.; vid försök med den kortare trådlängden, hvarest häfstångens lutning blef knappt märkbar, har jag ansett mig kunna försumma dessa korrektioner, då de blefvo långt mindre än afläsningsfelen.

Lutningen (φ) har approximativt bestämts genom att observera en å ena häfstångsarmen fästad index' sänkning i förhållande till en vertikal skala; då afståndet mellan indexen och häfstångens vridningsaxel (eggen) var $N = 673$ mm, och om n är den aflästa sänkningen, så är lutningen för vårt behof tillräckligt noga bestämd af relationen $tg\,\varphi = \frac{n}{N}$.

Afstånden h, μ och λ hafva uppmätts med katetometer. λ på det sätt, att af den undersökta trådsorten ett stycke fastskrufvats i klämman (K), häfstången placerats vertikalt och afstånden mellan eggens spets å ena sidan samt trådens yttre och inre kant å den andra uppmätts med katetometern. Mediet af dessa två mätningar har sedan betraktats såsom afståndet λ.

Mätningarne gåfvo följande värden: $h = 44.48$ och $\mu = 15.57$ mm samt för

järntråd	$\lambda = 60.22$	mm
nickeltråd . . .	$\lambda = 60.14$	»
fosforbronstråd	$\lambda = 60.27$	»
pinsbacktråd .	$\lambda = 60.27$	»
aluminiumtråd	$\lambda = 60.50$	»
zinktråd	$\lambda = 60.10$	»

C. Anordning för åstadkommande af galvanisk värmeutveckling.

1. Som *elektricitetskälla* användes ett Bunsens batteri på två à sex element. Hufvudvillkoret för, att jag skulle erhålla ett exakt värde på strömvärmet, var, att strömstyrkan höll sig konstant under hela tiden för strömmens fortvaro. Då ledningen till ett öppet batteri slutes, behöfves, såsom bekant, en tid, låt vara helt kort, för att strömstyrkan skall nå ett konstant värde. I dessa försök, der hela tiden för strömmens fortvaro var relativt kort (2.74 sek.), kunde denna variation i strömstyrka ej utan vidare försummas. För att så vidt möjligt kunna undgå denna olägenhet har jag gått tillväga på följande sätt.

Från den redan förut slutna strömbanan till batteriet öfverfördes, medelst ögonblicklig omkastning af en s. k.

vippa, den galvaniska strömmen till en grenledning, hvari metalltråden ingick. För att ej genom olikhet i de båda grenarnes ledningsmotstånd någon ändring i strömstyrkan skulle inträda, gjordes dessa motstånd lika. Att jag genom denna anordning undgått hvarje variation i strömstyrkan är väl ej tänkbart; att jag emellertid så tillvida lyckats, att denna variation ej uppgått till någon märkbar storlek, tror jag mig kunna sluta deraf, att å den känsliga galvanometer, hvarmed strömstyrkan uppmättes, ingen som helst ändring i utslaget kunde märkas vare sig *vid* eller *efter* vippans omkastning.

Fig. 3 är afsedd att närmare åskådliggöra anordningen. *E* betecknar batteriet, *G* en galvanometer, *W* vippan, *T* den i sträckapparaten insatta metalltråden samt *R* ett ledningsmotstånd (en nysilfvertråd), hvarmed intensiteten reglerades, så att den blef lika i båda strömbanorna.

För vippans omkastande betjänade jag mig af en pendel. Denne utgjordes af en två meter lång trästaf med en å dess nedre ända fästad cirkulär blyplatta samt var upphängd i tvenne stycken af en urfjäder. I pendelns svängningsplan, på något afstånd från densamma, placerades vippan, med pendeln förenad genom en fin linnetråd; denna tråd var fästad vid pendeln på ett afstånd af 1.7 meter från dennes upphängningspunkt. Fig. 4 utvisar pendelns och vippans läge före en observation. Då åt pendeln gafs en lutande ställning (omkring 20^0 med vert. linien), kvarhöll den genom sammanbindningstråden (*t*) vippan i sitt begynnelseläge (I), under det att en liten spiralfjäder (*s*), med en hake fästad vid vippan, sträfvade att öfverföra denna i dess andra läge (II). Genom att afbränna en tråd (*r*), hvari pendeln var uppfästad, frigjordes denne; dervid blef vippan af fjädern omkastad och samtidigt lösgjordes af sig själf denna från vippan.

I detta nya läge blef vippan kvarliggande, till dess pendeln efter en fullständig svängning ånyo omkastade densamma. Vippans båda kvicksilfver-kontakter afpassades så, att den ena strömbanan slöts, så vidt möjligt med att den andra blef afbruten.

Tiden för en fullständig svängning hos pendeln är då tiden för strömmens fortvaro i tråden, der strömvärmet sökes. Häremot kan invändas, att en del af denna svängningstid förflyter från det, att pendeln börjar falla, till dess vippans spets kommit i kontakt med kvicksilfverytan i (II), samt att en motsvarande tidslängd åtgår från strömmens afbrytande, till dess pendeln nått sitt utgångsläge. Att emellertid detta fel ej kunde hafva något märkbart inflytande på resultatet, synes framgå deraf, att samma värmeutslag erhölls, äfven om afståndet mellan vippans spets och kvicksilfverminisken gjordes något olika i tvenne på hvarandra följande observationer.

Vid mina försök sökte jag göra nämnda afstånd så litet som möjligt; och i allmänhet torde det ej hafva öfverstigit 1 mm, hvilket skulle motsvara en lutning hos pendelen af omkring 2′. Se vi till, huru stor del af svängningstiden denna vinkel motsvarar, så finna vi, att den ej uppgår till fullt 0.5 proc., då för pendeln antagits en maximiamplitud af 20°.

2. *Svängningstiden* för pendeln har erhållits genom att observera dess koincidenser med en kronometer. En serie bestämningar, der största differensen var 0.001 sek., lemnade följande medelvärde: $t = 2.740$ sek.

3. *Strömstyrkan* har bestämts medelst en *Desprez-d'Arsonvals* aperiodiska galvanometer. För att göra detta instrument användbart för de starka strömmar, hvaraf jag behöfde begagna mig, insköts i galvanometerledningen en shunt. För att gifva åt denna samma temperaturkoefficient

som hos galvanometern, användes dertill ett stycke koppartråd.

Utslagen aflästes på en projektionsskala. Då vid detta instrument sträng proportionalitet mellan utslag och strömstyrka icke eger rum, måste en empirisk gradering för detsamma uppgöras.

Genom följande undersökning erhölls utslagets variation med strömstyrkan. Från ett Daniells element leddes en ström genom tvenne grenledningar, hvaraf den ena i sig inneslöt galvanometern jämte en motståndssats, den andra ett motstånd på *en* ohm. Genom att i galvanometerledningen variera det inskjutna motståndet från 3,000 till 250 ohm erhöllos olika intensiteter, för hvilka utslaget aflästes. För variationer hos elementet har korrigerats genom att efter hvarje afläsning införa ett och samma motstånd (300 ohm) och observera motsvarande utslag samt efter variationerna i detta reducera närmast föregående afläsning till konstant elektromotorisk kraft.

Är g ledningsmotståndet i galvanometern, R det inskjutna motståndet, som svarar mot ett utslag δ, samt I motsvarande intensitet, så är tydligen, om i förhållande till summan $(R + g)$ små motstånd försummas, intensiteten I inverse proportionell mot motståndssumman $(R + g)$.

Galvanometermotståndet har blifvit bestämt enligt en af Kohlrausch[1] angifven approximationsmetod och befans vara 27 ohm.

Om nu I för ett enda utslag (δ_1) bestämmes i ***absolut*** mått genom voltameterbestämningar, kan följaktligen I beräknas för hvarje annat δ, så snart motsvarande R är gifvet.

För dessa absoluta bestämningar betjänade jag mig vid min första observationsserie af en kopparvoltameter. För att

---

[1] F. Kohlrausch, Leitfaden der prakt. Physik. p. 250, 1887.

emellertid vinna så tillförlitligt resultat som möjligt utbyttes denna sedermera mot silfvervoltameter. Galvanometerutslagen observerades för hvarje minut under den tid, strömmen var sluten.

Resultatet af dessa bestämningar för de två försöksserier, som anföras i det följande, finnes sammanfattadt i *Tab.* 1 och 2, der δ betecknar medelvärdet af utslaget i skaldelar samt I_δ motsvarande strömstyrka i ampère; i sista kolumnen upptages strömstyrkan reducerad genom interpolation till ett och samma utslag (δ_1).

Tab. 1. (Ser. I).

Kopparvoltam. best:r (vid seriens början).			Silfvervoltam. best:r (vid seriens slut).		
δ	I_δ	$I_{59.8}$	δ	I_δ	$I_{33.5}$
64.0	1.179	1.102	43.9	0.787	0.601
62.9	1.160	1.103	26.7	0.478	0.600
61.9	1.144	1.106	29.3	0.526	0.600
61.7	1.135	1.101	29.1	0.518	0.596
60.4	1.112	1.101	28.7	0.515	0.601
57.3	1.059	1.106	—	—	—
57.8	1.065	1.102	—	—	—
58.1	1.066	1.098	—	—	—
61.3	1.129	1.102	—	—	—
61.5	1.130	1.099	—	—	—
		med. 1.102			med. 0.600

Reduceras dessa bestämningar till samma utslag (33.5), samt tages mediet af båda, så erhålles för $\delta_1 = 33.5$ skaldelar en intensitet $I = 0.606$ ampère.

Tab. 2. (Ser. II).

Silfvervoltam. best:r (vid seriens början).		
δ	I_δ	$I_{26.7}$
31.7	0.565	0.476
26.8	0.479	0.477
26.9	0.482	0.478
22.9	0.408	0.476
22.0	0.392	0.476
		med. 0.477

Tvenne kontrollbestämningar vid denna försöksseries slut gåfvo samma värde, 0.477. Sålunda motsvaras här $\delta_1 = 26.7$ skaldelar af $I = 0.477$ ampère.

Dessa absoluta bestämningar hafva lagts till grund för nedanstående reduktionstabell (Tab. 3), hvilken på å sid. 14

Tab. 3.

R ohm	δ	I_I amp.	I_{II} amp.	R ohm	δ	I_I amp.	I_{II} amp.
3000	22.1	0.406	0.398	540	117.0	2.166	2.126
2500	26 7	0.486	0.477	520	121.3	2.246	2.204
2000	33.5	0.606	0.595	500	125.9	2.331	2.287
1800	36.7	0.672	0.660	480	130.6	2.423	2.378
1700	39.1	0.711	0.698	460	136.0	2.522	2.475
1600	41.2	0.755	0.741	440	141.5	2.630	2.581
1500	44.0	0.804	0.789	420	147.5	2.748	2.697
1400	47.3	0.861	0.845	400	154.2	2.887	2.823
1300	50.6	0.926	0.908	385	159.6	2.981	2.926
1100	59.8	1.090	1.070	375	163.5	3.056	2.998
1000	65.5	1.196	1.174	370	165.3	3.094	3.037
900	(71.3)	1.325	1.300	355	171.9	3.216	3.156
800	(79.8)	1.485	1.458	340	179.1	3.347	3.284
750	85.8	1.581	1.551	325	186.0	3.490	3.425
720	89.1	1.644	1.614	310	194.0	3.645	3.577
700	91.6	1.690	1.658	300	200.0	3.757	3.686
675	94.8	1.750	1.717	290	205.6	3.875	3.803
650	97.8	1.814	1.781	280	212.0	4.001	3.926
625	102.4	1.884	1.849	275	215.8	4.067	3.991
600	106.0	1.959	1.922	270	219.1	4.136	4.059
580	109.0	2.024	1.986	260	226.2	4.280	4.200
560	112.7	2.093	2.053	250	234.1	4.434	4.352

anförda sätt beräknats. I denna tabell betecknar R det vid de relativa bestämningarna i galvanometerledningen inskjutna motståndet (se sid. 14), δ utslaget i skaldelar samt I_I, resp. I_{II}, motsvarande strömstyrka i amp.; index anger här försöksserien.

Med ledning af tab. 3 har jag för hvardera försöksserien konstruerat en reduktionskurva för galvanometern, hvilken kurva sedan användts vid evaluerandet af utslagen.

Tillförlitligheten af denna gradering beror hufvudsakligen på noggrannheten af voltameterbestämningarna. Af tab. 2 framgår, att medeldifferensen, hvarmed bestämningarna i denna serie skilja sig från det vid tabellens uppgörande använda medelvärdet, endast uppgår till 0.001 amp. eller omkring 0.2 proc. af hela strömstyrkan. Härtill kommer afläsningsfelet för utslaget, hvilket fel högst uppgick till 0.3 proc. Sålunda äfven om dessa fel skulle samverka, så torde det totala fel, som kan misstänkas vidlåda reduktionstabellen, ej öfverstiga 0.5 proc. af den beräknade strömstyrkan. — Vid beräkningen af strömvärmet medför detta ett fel af *en* procent.

Jag har af flera skäl ansett mig böra tillskrifva ser. II (den sista vid mina undersökningar) större tillförlitlighet, i synnerhet på den grund, att kontrollbestämningarna vid seriens afslutande säkert visade, att ingen ändring i galvanometerns reduktionsfaktor inträdt under försökens lopp. Af den goda öfverensstämmelse mellan resultaten af båda dessa försöksserier, som af observationstabellerna framgår, torde äfven för ser. I felet hos reduktionstabellen ej uppgå till någon större betydenhet, trots den differens af 2 proc., som voltameterbestämningarna vid seriens början och slut visade.

Till jämförelse har jag derför ansett mig böra anföra äfven observationer ur denna äldre försöksserie.

4. *Ledningsmotståndet* för de undersökta metalltrådarne har jag bestämt medelst den vanliga »nollmetoden» vid en Wheatstone's brygga. Som komparationsmotstånd dervid användes *1 ohm*[1] ur en motståndssats af RHUMKORFF. Med detta jämfördes motståndet i trådlängder af tre till tio meter[2].

Dessa motståndsbestämningar äro gjorda vid rumstemperatur (14 à 15° C.) eller ungefär samma temperatur, som trådarne egde vid de egentliga försöken. En korrektion för temperaturen har derför ansetts obehöflig.

Följande värden erhöllos för

järntråd	0.0847	ohm/meter
nickeltråd	0.1065	»
fosforbronstråd . .	0.0646	»
pinsbacktråd . . .	0.0381	»
aluminiumtråd . . .	0.0182	»
zinktråd	0.0970	»

Dessa tal äro medelvärden af ett flertal bestämningar, hvilka variera intill *en* proc. af sitt värde. Det fel, som på grund af en dylik felbestämning af motståndet införes i värdet på strömvärmet, utgör *en* proc. af detta värde.

D. **Bestämning af dilatationskoëfficienten.**

För de vid min undersökning använda trådsorterna har lineära dilatationskoëfficienten bestämts med tillhjälp af följande anordning.

---

[1] Senare har jag varit i tillfälle att jämföra detta komparationsmotstånd med en ohm-etalong, hvars motstånd enligt en vid Physikalische Reichsanstalt i Berlin gjord bestämning är exakt *1 ohm*. Dervid befans det vara endast *0.9936 ohm* eller ungefär *0.6* proc. mindre. än hvad jag vid mina beräkningar antagit. Den korrektion, som härför bör införas, medför tydligen en minskning i de beräknade värmevariationerna och en ökning i värdet på värmets mek. ekvivalent med *0.6* procent.

[2] Dessa trådars diameter var: för järn 1.20, nickel 1.02, fosforbrons 1.24, pinsback 1.36, aluminium 1.53, och zink 0.92 mm.

Vid en invid väggen fästad stålarm upphängdes en trådlängd af omkring två meter och belastades med sträckvikter. En del af den sålunda spända metalltråden var innesluten i en dilatometer[1], hvilken finnes framstäld i fig. 5. Der beteckna *AB* och *CD* tvenne messingsrör af omkring 1 cm diameter, vid metalltråden fästade medelst hvar sin klämmskruf. Det längre af dessa rör (*AB*) uppbär medelst en arm (*L*) och de å denne medelst hakar upphängda trästafvarne (*SS*) en horisontell metallskifva (*a*); i denna skifvas midt är gjord en cirkulär öppning, hvilken upptages af en andra med denna koncentrisk och vid det kortare röret (*CD*) fästad skifva (*b*). Röret (*CD*) fastskrufvades vid tråden så, att vid rumstemperatur de båda skifvorna befunno sig i jämnhöjd med hvarandra. De båda rören voro förenade genom en kort, elastisk gummislang (*BC*).

Det är tydligt, att en på något sätt åstadkommen förlängning hos den del af tråden, som befinner sig mellan de båda klämmskrufvarne, och blott hos denna del, kommer att framträda såsom en förskjutning af den inre skifvan i förhållande till den yttre. Denna förskjutning har uppmätts på vanligt sätt genom att med kikare och skala observera den ändring i lutning, som en å de båda skifvorna uppstäld spegel dervid erhåller.

Ett delstreck å skalan motsvarade i de flesta af mina bestämningar en förlängning af 0.00773 mm. Afståndet mellan klämmskrufvarne var vid rumstemperatur 108.0 cm.

Tråden upphettades genom att leda en ström af vattenånga genom rörsystemet (*ABCD*) i riktning uppifrån nedåt.

---

[1] Denna apparat användes å *Fysiska Laboratoriet* härstädes för sträcknings- och dilatationsförsök och är i hufvudsak lik EDELMANNS apparat för dylika försök. Se EDELMANN, Neuere Apparate für naturwissenschaftliche Schule und Forschung p. 128. 1882.

För att undvika förlängning hos trästafvarne skyddades dessa för värmestrålning från rören genom skärmar af papper; för värmestrålning från upphettningsapparaten var dessutom hela dilatometern skyddad genom pappskärmar.

Metalltrådens temperatur bestämdes medelst en kvicksilfvertermometer, anbragt i en utvidgning å det längre röret.

Bestämningar hafva gjorts för olika belastningar, hvilka i det närmaste motsvarade de tensionsändringar, som vid sträckförsöken meddelats tråden.

Dervid har erhållits för *lineära medeldilatationskoëfficienten vid en spänning* S följande värden:

1. Järntråd

$S =$ 5 kg.	$\alpha =$ 0.00001233
» 15 »	» 0.00001243
» 25 »	» 0.00001266
» 35 »	» 0.00001283

2. Nickeltråd

$S =$ 5 kg.	$\alpha =$ 0.00001350
» 10 »	» 0.00001356
» 15 »	» 0.00001366

3. Fosforbronstråd

$S =$ 5 kg.	$\alpha =$ 0.00001762
» 15 »	» 0.00001778
» 25 »	» 0.00001799
» 35 »	» 0.00001827

4. Pinsbacktråd

$S =$ 5 kg.	$\alpha =$ 0.00001777
» 15 »	» 0.00001795
» 25 »	» 0.00001822
» 35 »	» 0.00001836

5. Aluminiumtråd

$S =$	5 kg.	$\alpha =$	0.00002361
»	8 »	»	0.00002390

6. Zinktråd

$S =$	0.2 kg.	$\alpha =$	0.00002740

Ofvanstående utgör medelvärden af fem à sex skilda bestämningar, hvilka sins emellan differera — blott på ett par undantag när — med mindre än 5 enheter i sista decimalen. Då afläsningsfelens inflytande på resultatet inskränker sig till denna decimal, så torde de föregående få anses säkert bestämda, en noggrannhet, som för vårt behof är tillräcklig.

III. Tillvägagåendet vid observationerna.

Sedan termoelementet på ofvan (sid. 8) angifna sätt blifvit anbragt å den metalltråd, som skulle undersökas, fastgjordes denne i sträckapparaten; den för trådens sträckning afsedda belastningen placerades i sitt inre läge å häfstångsarmen, under det att denne samt belastningen i detta läge balanserades af de på motsatta sidan om eggen befintliga vikterna (se fig. 1). Den tension, som tråden hade före sträckningen, var alltså endast så stor, som var nödvändigt för att hålla densamme rak.

Så snart tråden erhållit en stationär temperatur och galvanometernålen kommit i hvila, aflästes nålens läge, hvarefter tråden sträcktes genom att belastningen fördes ett stycke utefter häfstångsarmen. Dervid observerades galvanometernålens första vändpunkt.

Galvanometernålens första utslag är då ett relativt mått på det värme, som tråden absorberat vid sträckningen.

Förflyttningen hos rullen och häfstångens lutning aflästes på sätt, som å sid. 9 och 10 är angifvet.

Så snart temperaturen ånyo blifvit stationär, återfördes belastningen till sitt begynnelseläge och galvanometernålens utslag aflästes.

Den tid, som åtgick för belastningens förflyttande i endera riktningen, var omkring *två* sekunder. En något hastigare eller långsammare förflyttning åstadkom ej någon märkbar skillnad i utslag.

Sedan sträckförsöken upprepats några, vanligen sex, gånger gjordes omedelbart, utan att tråden eller termoelementet på något sätt rubbats, bestämningar med galvanisk värmeutveckling i metalltråden. Dervid afpassades först strömstyrkan — genom att i hufvudledningen införa lämpliga ledningsmotstånd — så att »värmeutslaget» blef approximativt lika med utslaget vid de föregående sträckförsöken.

Sedan trådens temperatur blifvit stationär och galvanometernålens noll-läge bestämdt, frigjordes pendeln och aflästes strömstyrkan, samt slutligen observerades det galvanometernålens första utslag, som utgjorde ett relativt mått på värmeutvecklingen. Dessa bestämningar upprepades, i likhet med hvad förhållandet var vid sträckförsöken, vanligen sex gånger för hvarje fall.

IV. **Observationer och beräkning af resultaten.**

Observationer hafva anstälts med trådar af järn, nickel, aluminium och zink, samt af tvenne koppar-legeringar, fosforbrons och pinsback[1].

I nedanstående *Tab. I* anföres en fullständig observationsserie för järntråd. I *Bihanget* upptagas ytterligare några dylika serier för samtliga de undersökta trådsorterna.

I dessa tabeller beteckna:

P belastningen (se sid. 10),

l dess förflyttning (»),

n häfstångsarmens sänkning (»),

dS ändringen i trådens tension (»),

t trådens temperatur,

u_1 värmeutslaget vid sträckning,

u_2 » » sammandragning,

u mediet af u_1 och u_2,

δ intensiteten (uttryckt i skaldelar) hos den galvaniska ström, som åstadkommer ett värmeutslag u_δ.

I_I, resp. I_{II}, denna strömstyrka, evaluerad i ampère, der indexen betecknar reduktionstabellen (se sid. 15 och 16).

Tab. I. **Järntråd** (ser. 1).

Belastning m. m.	u_1	u_2	u_δ	δ	I_I	$\frac{w}{u_\delta} \cdot 10^5$	W
P = 1 kg.	29.7	30.2	28.8	58.4	1.067	220	
l = 370.4 mm.	30.1	29.5	28.5	58.6	1.071	224	
n = 5.0 mm.	29.4	29.7	29.1	59.1	1.080	224	
dS = 8.002 kg.	30.0	29.1	30.0	59.6	1.089	220	
t = 14^0.0	29.2	29.6	29.5	58.7	1.073	218	
	29.5	29.0	29.0	58.0	1.060	216	
med.	29.6	29.6				220	0.0651
	u = 29.6						
P = 2 kg.	52.5	52.6	51.4	78.2	1.438	224	
l = 369.4 mm.	52.6	52.5	51.0	77.6	1.426	222	
n = 10.0 mm.	52.1	52.1	50.2	78.0	1.434	228	
dS = 14.086 kg.	52.7	53.4	49.9	77.1	1.415	223	
t = 14^0.5	53.0	52.7	53.2	79.5	1.462	224	
	53.4	53.1	51.9	78.5	1.444	224	
med.	52.7	52.7				224	0.1180
	u = 52.7						
P = 4 kg.	93.6	96.0	91.2	103.3	1.910	223	
l = 368.4 mm.	94.1	94.2	103.0	110.0	2.038	225	
n = 20.0 mm.	96.9	94.9	96.9	107.2	1.985	227	
dS = 26.205 kg.	95.5	94.5	101.5	108.9	2.017	224	
t = 14^0.5	96.1	97.4	105.0	110.3	2.044	222	
	95.9	96.8	93.0	105.0	1.944	227	
med.	95.4	95.6				225	0.2149
	u = 95.5						
P = 6 kg.	141.0	143.6	138.0	127.5	2.368	227	
l = 367.9 mm.	142.6	141.9	141.2	129.9	2.412	230	
n = 30.0 mm.	142.3	141.5	144.1	130.7	2.429	228	
dS = 38.263 kg.	141.5	140.1	142.1	130.3	2.421	230	
t = 15^0.0	141.0	142.9	140.6	129.4	2.403	229	
	141.2	142.3	141.6	129.6	2.407	228	
med.	141.6	142.0				229	0.3247
	u = 141.8						

Af ofvanstående tabell synes, att för bestämningar med samma belastning en synnerligen god öfverensstämmelse eger rum mellan de observerade värdena på u_1, resp. u_2, äfvensom att inom gränsen för observationsfelen u_1 och u_2 äro lika. Mediet (u) af dessa användes i det följande vid beräkningen af den sökta värmekvantiteten.

Ur det i tabellen upptagna värdet på strömstyrkan samt de ofvan anförda värdena på ledningsmotståndet och tiden för strömmens fortvaro har enligt *Joule*'ska lagen beräknats det strömvärme (w), som utvecklats i *en meter* af metalltråden i fråga.

Kvoten $\left(\frac{w}{u_\delta}\right)$ mellan denna värmemängd (w) och motsvarande värmeutslag (u_δ) är, såsom af tabellen synes, för hvarje fall en konstant, som utgör måttet på *en skaldel* evaluerad i *gramkalorier per meter.* Denna konstant blir då den reduktionsfaktor, hvarmed galvanometerutslagen vid sträckförsöken kunna evalueras i värmeenheter.

Af den kolumn i tabellen, som upptager nämnda faktor, framgår vidare, att för bestämningar, der en större differens eger rum mellan värmeutslagen (u_δ), samma faktor växer, ehuru helt obetydligt, med en större tillökning i den under lika tid utvecklade värmemängden. En dylik ökning är tydligen öfverensstämmande med en teoretisk betraktelse af utslagets beroende af afsvalningen.

Tages nu produkten af nämnda faktor $\left(\frac{w}{u_\delta}\right)$ och mediet (u) af galvanometerutslagen vid sträckförsöken erhålles *den värmemängd, som absorberats eller alstrats i en meter af metalltråden, då denne undergått en tensionsändring* $= dS$ *kg.* Denna värmekvantitet har i observationstabellerna betecknats med W.

Af dessa tabeller framgår, att de sålunda ur observationerna beräknade värdena (W) äro proportionella mot tensionsändringarna (dS), i full öfverensstämmelse med teorien och föregående undersökningar.

För att kunna lemna en mera öfverskådlig framställning af de erhållna resultaten har en sammanställning af desamma lemnats i *tabellerna II—VII.* Dervid hafva de i observationstabellerna anförda värdena på värmevariationerna (W) för samma belastning (P), reducerats till samma tensionsändring, uttryckt i hela kilogram. Så hafva t. ex. värden på W för $dS = 4, \ldots$ kg. reducerats till motsvarande värde för $dS = 5$ kg., för $dS = 8, \ldots$ kg. till $dS = 10$ kg., o. s. v.

Tab. II. **Järntråd.**

dS	W					J
	Ser. 1	Ser. 2	Ser. 3	Ser. 4	med.	
10	0.0833	0.0838	0.0826	0.0841	0.0834	427.9
15	0.1257	0.1256	0.1244	0.1237	0.1249	429.9
25	0.2050	0.2080	0.2065	0.2064	0.2065	441.4
40	0.3394	0.3411	0.3389	(0.3266)	0.3398	437.3
	Trådens medel-temp. 15°.0;				med.	434.1

Tab. III. **Nickeltråd.**

dS	W				J
	Ser. 1	Ser. 2	Ser. 3	med.	
5	0.0482	0.0459	0.0474	0.0471	412.7
10	0.0961	0.0865	0.0935	0.0920	424.5
15	0.1434	0.1339	0.1360	0.1377	428.6
	Trådens medel-temp. 15°.0;			med.	421.9

Tab. IV. **Fosforbronstråd.**

dS	*W* Ser. 1	Ser. 2	med.	*J*
10	0.1183	0.1191	0.1187	428.7
15	0.1851	0.1780	0.1816	422.2
25	0.3067	0.2975	0.3021	428.0
40	0.4871	0.4871	0.4871	434.4
Trådens medel.temp. 14°.5;			med.	428.3

Tab. V. **Pinsbacktråd.**

dS	*W* Ser. 1	Ser. 2	Ser. 3	Ser. 4	med.	*J*
10	0.1161	0.1247	0.1222	0.1193	0.1206	426.3
15	0.1738	0.1799	0.1850	0.1812	0.1798	431.0
25	0.2986	0.2987	0.3104	0.3046	0.3031	432.5
40	0.4906	0.4897	0.5036	0.4966	0.4951	425.3
Trådens medel-temp. 14°.8;					med.	428.8

Tab. VI. **Aluminiumtråd.**

dS	*W* Ser. 1	Ser. 2	Ser. 3	Ser. 4	med.	*J*
5	0.0789	0.0808	0.0796	0.0805	0.0799	424.8
8	0.1292	0.1274	0.1294	0.1290	0.1287	427.1
Trådens medel-temp. 14°.5;					med.	425.9

Tab. VII. **Zinktråd.**

dS	W				J
	Ser. 1	Ser. 2	Ser. 3	med.	
2.5	0.0457	0.0467	0.0429	0.0451	435.9
Trådens medel-temp. 14°.0.					

Af ofvanstående öfversikt framgår, att en synnerligen god öfverensstämmelse eger rum mellan de ur olika observationsserier framgångna värdena på värmevariationerna. De differenser, som uppträda mellan dessa värden och det ur desamma beräknade mediet, uppgå till ungefär *en* proc. af det senare. Dessa differenser uppkomma genom felen vid afläsningen af värmeutslagen.

Något större är det fel, som medelst bestämningen af strömvärmet införes i slutresultatet, hvartill kommer att detta fel i olika observationsserier uppträder till samma storlek. Som ofvan[1] är antydt, uppgå felen vid bestämningen af strömstyrkan och ledningsmotståndet till *en* proc. för hvardera; härtill kommer felet vid bestämningen af tiden[2] för strömmens fortvaro, hvilket fel ej torde ha' uppgått till *en* proc. Sålunda för det fall, att dessa fel skulle samverka, uppgår det totala fel, som med strömvärmet införes i värdet på värmevariationerna, endast till *tre* procent.

[1] Se sid. 16 och 17.
[2] Se sid. 13.

V. Öfverensstämmelse mellan experiment och teori.

Vi skola till slut se till, huruvida de vid denna undersökning erhållna värmevariationerna öfverensstämma med de ur *Thomsons* formel teoretiskt beräknade.

Ur denna formel erhålles

$$J = \frac{T\alpha dS}{dt\pi c}.$$

Kvantiteten $dt\pi c$ är här tydligen ej annat än här ofvan bestämda värmekvantiteten (W), reducerad till kilogramkalorier. Formeln låter sålunda framställa sig genom

$$J = \frac{T\alpha dS}{W.10^{-3}}.$$

Genom att i denna formel införa de i *Tab. II—VII* beräknade medelvärdena å W, erhålles för värmets mek. ekvivalent de värden, som upptagits i sista kolumnen af nämnda tabeller.

Dervid har jag användt på dilatationskoëfficienten de värden, som jag funnit vid min ofvan nämnda undersökning. För belastningar, der jag saknat direkta bestämningar af α, har jag sökt detsamma genom att interpolera mellan närstående värden.

Då vid de olika bestämningarne metalltrådens temperatur endast undergick små vexlingar, så har trådens absoluta temperatur utan märkbart fel kunnat betraktas som

konstant och lika med medeltemperaturen under de skilda observationsserierna.

Som af nämnda tabeller framgår, har vid denna beräkning på värmets mek. ekvivalent erhållits värden, hvilka på blott få proc. skilja sig från det på denna konstant allmännast antagna värdet.

Mediet af samtliga bestämningarne blir nämligen $J = 429.2$ kilogram-meter[1].

Undersökningen medelst den nu anförda metoden har alltså ledt till samma resultat, hvartill HAGA och WASSMUTH i olikhet med EDLUND kommit, och lemnar sålunda *en experimentell bekräftelse af den af* THOMSSON *framstälda formeln för de temperaturändringar, som uppstå i mellantrådar vid sträckning eller sammandragning.*

[1] Se not 1 å sid. 18.

BIHANG.

Tab. VIII. **Järntråd (ser. 2).**

Belastning m. m.	u_1	u_2	u_δ	δ	I_I	$\frac{w}{u_\delta}\cdot 10^5$	W
$P =$ 1 kg.	30.0	30.3	30.1	60.0	1.097	223	
$l =$ 369.9 mm.	30.4	30.0	30.2	60.1	1.099	223	
$n =$ 5.5 mm.	30.0	30.2	30.4	60.2	1.101	222	
$dS' =$ 7.991 kg.	30.0	30.0	30.0	59.9	1.095	223	
$t =$ 15°.0	30.6	30.1	30.2	60.0	1.097	222	
	30.5	30.7	30.5	60.0	1.097	220	
med.	30.2	30.2				222	0.0670
	$u =$ 30.2						
$P =$ 2 kg.	52.6	53.0	56.3	80.5	1.482	218	
$l =$ 368.4 mm.	53.5	52.4	53.3	79.3	1.459	223	
$n =$ 9.8 mm.	52.8	52.5	56.0	81.4	1.498	224	
$dS =$ 14.052 kg.	53.8	52.9	54.2	80.0	1.472	223	
$t =$ 15°.0	53.4	53.0	56.6	81.4	1.498	221	
	53.7	52.8	56.5	81.4	1.498	222	
med.	53.3	52.8				222	0.1177
	$u =$ 53.0						
$P =$ 4 kg.	97.0	98.0	100.2	107.8	1.997	222	
$l =$ 368.4 mm.	98.4	99.7	98.8	107.3	1.987	223	
$n =$ 20.0 mm.	97.9	97.0	93.0	104.6	1.935	225	
$dS' =$ 26.205 kg.	97.2	98.0	94.9	104.5	1.933	220	
$t =$ 15°.0	97.2	98.9	92.2	103.5	1.914	222	
	99.2	99.0	91.7	103.2	1.910	220	
med.	98.0	98.4				222	0.2180
	$u =$ 98.2						
$P =$ 6 kg.	146.8	145.2	138.2	128.3	2.383	229	
$l =$ 368.4 mm.	145.2	145.2	148.0	131.6	2.445	225	
$n =$ 30.0 mm.	142.1	143.8	146.8	130.2	2.417	222	
$dS =$ 38.315 kg.	145.2	146.1	144.0	129.4	2.401	223	
$t =$ 15°.0	145.8	146.0	139.4	128.1	2.380	227	
	144.7	146.7	141.5	128.6	2.389	225	
med.	145.0	145.5				225	0.3267
	$u =$ 145.2						

Tab. IX. **Järntråd (ser. 3).**

Belastning m. m.	u_1	u_2	u_δ	δ	I_{II}	$\frac{w}{u_\delta}.10^5$	W
$P = 1$ kg.	32.5	34.3	29.0	56.1	1.008	195	
$l = 368.2$ mm.	32.7	33.0	31.8	58.2	1.046	192	
$dS = 7.955$ kg.	33.2	33.9	31.0	58.4	1.050	198	
$t = 14^0.5$	33.0	34.5	33.0	59.8	1.075	195	
	33.6	34.0	31.9	59.2	1.064	198	
	34.4	33.5	31.6	58.9	1.060	198	
med.	33.2	33.8				196	0.0657
	$u = 33.5$						
$P = 2$ kg.	59.0	59.0	50.4	73.6	1.326	195	
$l = 368.2$ mm.	58.4	59.0	55.1	77.1	1.392	196	
$dS = 14.069$ kg.	59.3	58.0	55.4	77.8	1.405	199	
$t = 14^0.5$	58.5	59.9	47.2	72.0	1.297	199	
	57.8	59.5	58.4	80.0	1.445	199	
	58.0	60.3	56.5	78.9	1.425	200	
med.	58.5	59.3				198	0.1166
	$u = 58.9$						
$P = 4$ kg.	104.8	108.2	115.6	114.0	2.071	207	
$l = 368.7$ mm.	105.5	107.4	104.7	109.1	1.981	209	
$dS = 26.333$ kg.	104.1	107.6	112.3	112.9	2.052	209	
$t = 15^0.0$	104.3	106.4	109.4	110.3	2.005	205	
	104.9	104.0	107.2	108.5	1.970	202	
	104.3	107.6	116.9	113.4	2.061	203	
med.	104.3	106.9				206	0.2175
	$u = 105.6$						
$P = 6$ kg.	153.5	159.1	156.4	133.5	2.430	211	
$l = 368.7$ mm.	154.0	155.0	157.3	133.5	2.430	205	
$dS = 38.578$ kg.	152.0	157.7	151.7	132.0	2.402	212	
$t = 14^0.0$	154.1	162.0	155.2	133.8	2.436	213	
	151.2	154.1	153.4	133.5	2.430	215	
	153.3	153.0		–	–	—	
med.	153.0	156.8				211	0.3268
	$u = 154.9$						

Tab. X. **Järntråd (ser. 4).**

Belastning m. m.	u_1	u_2	u_δ	δ	I_{II}	$\frac{w}{u_\delta} \cdot 10^5$	W
$P = 1$ kg.	33.6	34.3	27.0	54.4	0.976	197	
$l = 370.2$ mm.	33.3	34.4	27.2	54.1	0.971	193	
$dS = 7.998$ kg.	33.3	33.9	25.5	53.5	0.961	202	
$t = 14^0.8$	33.9	33.8	25.5	53.1	0.954	199	
	33.8	33.6	25.4	53.1	0.954	200	
	33.1	34.3	25.2	52.9	0.950	200	
med.	33.5	34.1				199	0,0673
	$u = 33.8$						
$P = 2$ kg.	57.7	60.2	65.9	84.4	1.525	197	
$l = 370.2$ mm.	57.3	60.3	61.3	82.0	1.482	200	
$dS = 14.145$ kg.	58.3	60.0	62.0	82.2	1.485	198	
$t = 14^0.8$	57.9	58.4	57.6	79.5	1.436	200	
	58.0	59.9	59.1	80.2	1.450	198	
	58.6	60.2	56.8	78.5	1.417	197	
med.	58.0	59.8				198	0.1166
	$u = 58.9$						
$P = 4$ kg.	105.7	109.0	111.2	109.3	1.985	198	
$l = 370.2$ mm.	109.9	109.0	95.5	102.5	1.860	202	
$dS = 26.440$ kg.	107.0	108.7	92.5	101.1	1.835	203	
$t = 14^0.8$	108.8	109.6	101.2	105.0	1.908	201	
	108.9	109.3	101.7	105.3	1.912	200	
	107.4	109.3	—	—	—	—	
med.	108.0	109.2				201	0.2183
	$u = 108.6$						
$P = 6$ kg.	154.4	152.4	157.6	132.6	2.414	206	
$l = 369.8$ mm.	153.8	160.4	155.8	130.8	2.380	203	
$dS = 38.694$ kg.	153.5	156.0	155.0	129.7	2.359	200	
$t = 14^0.8$	154.5	158.4	156.8	130.0	2.365	199	
	153.2	161.9	150.2	127.9	2.326	201	
	154.8	163.0	—	—	—	—	
med.	154.0	158.7				202	0.3159
	$u = 156.4$						

Tab. XI. **Nickeltråd (ser. 1).**

Belastning m. m.	u_1	u_2	u_δ	δ	I_{II}	$\frac{w}{u_\delta}.10^5$	W
$P = 0.5$ kg.	25.4	26.3	31.6	51.1	0.916	183	
$l = 368.7$ mm.	25.8	26.2	32.0	50.5	0.907	180	
$dS' = 4.914$ kg.	25.8	25.7	30.8	50.6	0.909	188	
$t = 14^0.3$	25.0	25.0	30.5	50.5	0.907	189	
	25.1	25.5	31.2	50.5	0.907	184	
	25.5	26.0	30.3	50.2	0.901	188	
med.	25.5	25.8				185	0.0474
	$u = 25.6$						
$P = 1$ kg.	40.1	41.1	39.0	56.5	1.017	186	
$l = 369.2$ mm.	39.2	41.2	39.9	56.7	1.019	182	
$dS' = 7.992$ kg.	41.1	41.8	38.8	56.5	1.017	187	
$t = 14^0.5$	42.0	41.2	37.7	56.1	1.010	190	
	41.4	41.9	39.6	57.1	1.027	187	
	41.5	41.8	40.0	57.0	1.025	184	
med.	41.1	41.6				186	0.0768
	$u = 41.3$						
$P = 2$ kg.	72.3	72.9	72.3	76.4	1.379	184	
$l = 369.0$ mm.	72.5	72.9	70.2	76.0	1.372	188	
$dS' = 14.128$ kg.	72.2	72.6	71.8	76.0	1.372	184	
$t = 14^0.5$	72.4	73.8	69.8	75.5	1.362	186	
	72.7	73.1	70.3	75.5	1.362	185	
	72.2	72.7	68.1	75.0	1.352	188	
med.	72.4	72.9				186	0.1350
	$u = 72.6$						

Tab. XII. Nickeltråd (ser. 2).

Belastning m. m.	u_1	u_2	u_δ	δ	I_{II}	$\frac{w}{u_\delta}.10^5$	W
$P = 0.5$ kg.	22.9	22.9	28.7	49.2	0.881	190	
$l = 368.7$ mm.	22.7	22.8	28.8	49.3	0.883	190	
$dS = 4.914$ kg.	22.0	22.7	29.4	49.0	0.879	184	
$t = 15^0.0$	22.8	22.8	28.6	48.9	0.877	189	
	22.2	23.5	27.8	48,7	0.873	192	
	22.9	23.2	28.0	48.5	0.869	189	
med.	22.6	23.0				189	0.0431
	$u = 22.8$						
$P = 1$ kg.	36.2	37.6	37.3	55.5	0.997	187	
$l = 368.7$ mm.	36.4	37.3	36.8	55.1	0.990	187	
$dS = 7.981$ kg.	36.6	37.3	36.7	55.0	0.988	187	
$t = 15.^0 0$	36.2	36.2	36.1	54.9	0.986	189	
	36.9	36.9	37.7	55.5	0.997	185	
	36.9	37.8	37.2	55.2	0.991	185	
med.	36.5	37.2				187	0.0690
	$u = 36.9$						
$P = 2$ kg.	65.8	66.9	57.8	69.1	1.242	187	
$l = 368.2$ mm.	65.6	66.0	57.1	69.8	1.255	193	
$dS = 14.098$ kg.	65.2	66.1	56.5	69.7	1.253	195	
$t = 15^0.0$	64.8	64.1	57.8	70.0	1.259	192	
	65.7	65.5	57.5	69.8	1.255	192	
	64.4	66.0	57.8	70.0	1.259	192	
med.	65.3	65.8				192	0.1258
	$u = 65.5$						

Tab. XIII. **Nickeltråd (ser. 3).**

Belastning m. m.	u_1	u_2	u_δ	δ	I_{II}	$\frac{w}{u_\delta} \cdot 10^5$	W
P = 0.5 kg.	24.3	24.1	25.1	46.1	0.826	191	
l = 369.0 mm.	24.0	25.0	24.3	45.7	0.819	194	
dS = 4.918 kg.	24.0	25.0	24.1	45.1	0.808	190	
t = 15°.0	24.2	24.1	24.7	45.9	0.822	192	
	24.0	24.8	23.6	45.0	0.806	193	
	24.0	24.5	24.4	45.3	0.812	190	
med.	24.2	24.4				192	0.0466
	u = 24.3						
P = 1 kg.	38.9	39.2	35.3	55.5	0.997	197	
l = 369.2 mm.	39.0	40.0	40.5	58.0	1.043	188	
dS = 7.992 kg.	39.1	39.8	38.0	57.0	1.025	194	
t = 15°.0	39.3	38.7	39.4	57.2	1.029	188	
	38.9	38.6	40.9	58.0	1.043	187	
	39.1	39.0	41.5	59.0	1.061	190	
med.	39.0	39.2				191	0.0747
	u = 39.1						
P = 2 kg.	66.0	67.8	62.8	71.9	1.295	187	
l = 369.2 mm.	67.7	68.8	69.0	75.0	1.352	186	
dS = 14.135 kg.	66.6	68.8	65.0	74.2	1.335	192	
t = 15°.0	67.6	68.8	67.0	75.3	1.358	193	
	67.6	68.3	67.4	74.7	1.345	188	
	67.2	68.1	—	—	—	—	
med.	67.1	68.4				189	0.1281
	u = 67.8						

Tab. XIV. **Fosforbronstråd** (ser. 1).

Belastning m. m.	u_1	u_2	u_δ	δ	I_I	$\frac{w}{u_\delta} \cdot 10^5$	W
$P = 1$ kg.	40.6	40.7	35.7	77.2	1.419	240	
$l = 370.4$ mm.	39.1	39.0	37.9	79.4	1.461	240	
$n = 4.0$ mm.	39.8	39.5	39.0	79.8	1.469	235	
$dS = 7.996$ kg.	39.0	41.0	39.1	80.6	1.484	240	
$t = 14^0.0$	38.9	38.0	39.4	81.1	1.493	241	
	38.5	39.1	40.0	81.7	1.504	241	
med.	39.3	39.5				240	0.0946
	$u = 39.4$						
$P = 2$ kg.	71.8	71.6	72.9	109.6	2.032	241	
$l = 370.4$ mm.	69.6	71.9	70.1	108.4	2.008	245	
$n = 9.0$ mm.	69.0	73.0	74.0	110.6	2.050	242	
$dS = 14.120$ kg.	70.1	71.6	70.0	109.2	2.023	249	
$t = 15^0.0$	71.0	71.7	75.9	113.2	2.098	247	
	70.1	71.3	67.0	106.7	1.978	248	
med.	70.3	71.9				245	0.1742
	$u = 71.1$						
$P = 4$ kg.	131.0	130.8	132.6	147.2	2.740	241	
$l = 369.4$ mm.	132.1	134.9	133.2	148.8	2.770	245	
$n = 18.0$ mm.	129.0	132.7	138.3	154.4	2.804	242	
$dS = 26.260$ kg.	129.9	133.2	143.8	154.2	2.876	245	
$t = 14^0.7$	133.9	135.6	141.7	151.7	2.823	239	
	132.7	134.9	132.2	148.8	2.770	247	
med.	131.4	133.7				243	0.3222
	$u = 132.6$						
$P = 6$ kg.	190.2	193.1	193.4	178.4	3.345	246	
$l = 367.9$ mm.	185.8	192.5	190.1	176.8	3.315	246	
$n = 36.5$ mm.	183.0	192.0	180.2	170.6	3.197	241	
$dS = 38.190$ kg.	189.8	192.8	180.9	170.9	3.203	241	
$t = 14^0.7$	191.7	194.3	189.8	176.4	3.307	245	
	188.4	193.8	192.1	177.8	3.335	246	
med.	188.1	193.1				244	0.4651
	$u = 190.6$						

Tab. XV. **Fosforbronstråd** (ser. 2).

Belastning m. m.	u_1	u_2	u_δ	δ	I_l	$\frac{w}{u_\delta} \cdot 10^5$	W
$P = 1$ kg.	41.3	42.9	39.0	76.7	1.410	217	
$l = 370.4$ mm.	41.4	43.8	38.4	77.2	1.419	223	
$n =$ 5.0 mm.	43.0	43.7	37.7	76.6	1.408	224	
$dS = 7.996$ kg.	42.5	44.4	42.6	80.3	1.478	218	
$t = 14^0.5$	43.9	43.0	41.4	79.6	1.465	221	
	43.8	43.3	41.2	79.3	1.459	220	
med.	42.7	43.5				221	0.0952
	$u = 43.1$						
$P = 2$ kg.	75.2	75.1	79.9	109.7	2.035	220	
$l = 369.4$ mm.	74.0	77.4	75.8	106.7	1.978	220	
$n =$ 9.0 mm.	74.8	74.9	75.0	106.4	1.972	221	
$dS = 14.080$ kg.	75.9	76.5	70.9	104.2	1.928	223	
$t = 14^0.5$	75.2	75.8	71.3	104.0	1.924	221	
	76.3	76.6	71.1	104.3	1.930	223	
med.	75.2	76.0				221	0.1671
	$u = 75.6$						
$P = 4$ kg.	136.0	139.5	139.2	145.7	2.711	225	
$l = 369.1$ mm.	139.3	140.2	138.1	144.7	2.692	222	
$n =$ 18.0 mm.	142.0	143.2	137.7	144.4	2.685	223	
$dS = 26.240$ kg.	136.4	142 9	138.2	144.6	2.690	223	
$t = 14^0.5$	138.1	141.0	137.9	143.7	2.677	221	
	139.1	143.0	136.0	143.7	2.677	224	
med.	138.5	141.6				223	0.3122
	$u = 140.0$						
$P = 6$ kg.	196.0	202.0	208.5	180.6	3.390	234	
$l = 367.9$ mm.	202.8	207.4	205.0	177.7	3.333	231	
$n =$ 36.0 mm.	204.2	204.0	192.1	171.4	3.210	228	
$dS = 38.190$ kg.	203.5	203.0	194.3	172.6	3.234	229	
$t = 14^0.5$	197.3	204.0	192.5	171.8	3.218	229	
	204.0	204.1	191.1	170.7	3.198	228	
med.	201.3	204.1				230	0.4651
	$u = 202.2$						

Tab. XVI. **Pinsbacktråd** (ser. 1).

Belastning m. m.	u_1	u_2	u_δ	δ	I_I	$\frac{w}{u_\delta} \cdot 10^5$	W
P = 1 kg.	40.8	41.3	38.1	100.9	1.866	230	
l = 370.4 mm.	40.1	42.0	38.3	100.5	1.858	226	
n = 4.0 mm.	40.2	40.0	38.0	100.6	1.860	228	
dS = 7.996 kg.	40.1	40.4	38.1	100.1	1.850	225	
t = 14°.5	40.2	41.0	37.0	99.7	1.843	230	
	40.0	41.9	37.2	99.5	1.839	228	
med.	40.2	41.1				228	0.0928
	u = 40.7						
P = 2 kg.	70.4	74.0	75.3	141.7	2.634	231	
l = 370.4 mm.	72.5	72.7	75.3	141.0	2.620	229	
n = 7.0 mm.	73.0	74.5	74.8	140.4	2.609	228	
dS = 14.120 kg.	74.0	74.0	74.7	140.1	2.603	228	
t = 14°.5	72.0	72.5	74.9	140.0	2.601	227	
	72.3	74.8	73.2	139.3	2.598	231	
med.	72.3	73.9				229	0.1674
	u = 73.1						
P = 4 kg.	131.5	135.0	137.1	191.4	3.596	237	
l = 370.4 mm.	135.0	137.0	136.3	190.1	3.571	235	
n = 15.0 mm.	134.6	136.1	136.8	189.3	3.555	232	
dS = 26.350 kg.	131.3	138.4	136.7	189.7	3.563	233	
t = 14°.5	134.0	134.6	136.6	189.2	3.551	232	
	128.0	134.7	132.2	187.7	3.525	235	
med.	132.4	136.0				234	0.3147
	u = 134.2						
P = 6 kg.	191.0	208.5	173.0	214.0	4.040	237	
l = 369.4 mm.	192.0	207.8	167.5	210.9	3.979	237	
n = 31.5 mm.	194.5	203.0	175.9	214.0	4.040	233	
dS = 38.380 kg.	197.0	203.8	173.4	212.8	4.016	233	
t = 14°.5	195.9	208.5	171.6	212.4	4.008	235	
	198.1	203.1	173.0	212.6	4.012	234	
med.	194.8	205.8				235	0.4707
	u = 200.3						

Tab. XVII. **Pinsbacktråd** (ser. 2).

Belastning m. m.	u_1	u_2	u_δ	δ	I_l	$\frac{w}{u_\delta} \cdot 10^5$	W
$P = 1$ kg.	39.7	39.1	33.0	98.1	1.814	250	
$l = 370.4$ mm.	38.8	39.9	35.0	99.8	1.845	244	
$n = 4.0$ mm.	39.2	40.4	34.3	99.5	1.809	247	
$dS = 7.996$ kg.	38.8	39.4	34.0	100.0	1.850	253	
$t = 15^0.0$	40.0	39.7	35.1	100.1	1.852	245	
	39.0	39.0	36.1	102.6	1.899	251	
med.	39.2	39.6				248	0.0997
	$u = 39.4$						
$P = 2$ kg.	66.9	68.6	70.1	141.4	2.629	247	
$l = 370.4$ mm.	68.0	68.9	72.3	143.1	2.661	246	
$n = 7.0$ mm.	68.0	68.0	69.1	140.2	2.605	246	
$dS = 14.120$ kg.	69.0	69.9	66.0	137.9	2.561	249	
$t = 15^0.0$	70.2	68.7	70.0	140.4	2.609	244	
	69.3	69.9	68.1	138.9	2.580	245	
med.	68.6	69.0				246	0.1693
	$u = 68.8$						
$P = 4$ kg.	123.0	128.6	126.5	188.0	3.530	247	
$l = 369.4$ mm.	124.2	129.5	125.0	187.0	3.512	248	
$n = 15.0$ mm.	123.2	128.9	126.0	187.4	3.520	247	
$dS = 26.280$ kg.	122.6	126.9	125.0	187.7	3.525	249	
$t = 15^0.0$	126.2	126.9	123.2	186.3	3.500	249	
	126.6	128.1	120.8	185.5	3.484	252	
med.	124.3	127.8				249	0.3140
	$u = 126.1$						
$P = 6$ kg.	181.1	187.4	151.7	207.8	3.917	254	
$l = 368.4$ mm.	184.6	187.0	156.2	211.7	3.995	256	
$n = 31.0$ mm.	184.9	186.9	155.2	209.7	3.956	253	
$dS = 38.270$ kg.	183.0	189.9	153.1	208.2	3.925	252	
$t = 15^0.0$	184.2	186.5	150.9	204.3	3.848	246	
	183.1	191.9	153.0	206.6	3.894	249	
med.	183.5	188.3				252	0.4685
	$u = 185.9$						

Tab. XVIII. **Pinsbacktråd** (ser. 3).

Belastning m. m.	u_1	u_2	u_δ	δ	I_{II}	$\frac{w}{u_\delta} \cdot 10^5$	W
$P = 1$ kg.	46.3	46.7	41.8	103.8	1.885	213	
$l = 369.7$ mm.	45.4	45.9	45.2	107.6	1.954	212	
$dS = 7.980$ kg.	46.0	46.8	47.5	109.8	1.995	210	
$t = 13^0.0$	45.8	46.0	46.8	107.6	1.954	205	
	46.7	46.1	45.3	108.0	1.962	213	
	46.4	45.7	45.5	107.6	1.954	211	
med.	46.1	46.2				211	0.0975
	$u = 46.2$						
$P = 2$ kg.	81.3	80.9	85.6	148.5	2.713	216	
$l = 369.2$ mm.	79.5	80.7	80.2	145.0	2.647	219	
$dS = 14.095$ kg.	79.7	80.5	82.7	147.5	2.693	220	
$t = 13^0.0$	80.0	80.6	85.0	147.9	2.701	215	
	79.5	80.2	84.1	148.0	2.702	218	
	80.0	78.7	—	—	—	—	
med.	80.0	80.2				217	0.1738
	$u = 80.1$						
$P = 4$ kg.	149.2	148.5	150.7	194.7	3.588	214	
$l = 369.2$ mm.	148.1	150.7	144.8	193.0	3.555	219	
$dS = 26.347$ kg.	149.9	150.7	149.7	195.9	3.609	218	
$t = 14^0.0$	150.4	149.8	142.0	192.4	3.543	222	
	148.8	150.1	147.6	194.5	3.584	218	
	149.4	149.0	142.3	191.9	3.535	220	
med.	149.3	149.8				218	0.3259
	$u = 149.5$						
$P = 6$ kg.	218.4	216.8	208.1	231.1	4.289	222	
$l = 368.2$ mm.	218.9	218.0	208.7	231.8	4.303	223	
$dS = 38.493$ kg.	221.1	221.4	211.8	233.4	4.332	222	
$t = 14^0.5$	217.0	220.0	210.6	232.9	4.321	222	
	217.1	217.3	208.8	232.2	4.318	224	
	218.2	216.5	214.9	234.0	4.343	220	
med.	218.3	218.3				222	0.4846
	$u = 218.3$						

Tab. XIX. **Pinsbacktråd** (ser. 4).

Belastning m. m.	u_1	u_2	u_δ	δ	I_{II}	$\frac{w}{u_\delta} \cdot 10^5$	W
$P = 1$ kg.	42.2	43.0	40.4	105.6	1.917	227	
$l = 369.2$ mm.	41.8	41.9	42.0	107.1	1.946	226	
$dS = 7.970$ kg.	41.6	42.0	42.8	107.3	1.950	223	
$t = 14^0.0$	41.2	41.9	41.5	106.6	1.938	227	
	42.6	42.5	42.0	106.7	1.940	225	
	42.4	42.5	41.8	106.8	1.942	226	
med.	42.0	42.3				226	0.0951
	$u = 42.1$						
$P = 2$ kg.	73.7	75.2	80.0	147.3	2.694	228	
$l = 369.2$ mm.	74.8	75.1	75.8	142.8	2.605	225	
$dS = 14.095$ kg.	75.6	75.7	76.2	143.4	2.616	225	
$t = 14^0.3$	74.0	75.2	74.3	141.6	2.585	226	
	75.2	75.7	77.4	145.3	2.655	228	
	73.5	75.5	77.2	145.1	2.651	228	
med.	74.5	75.4				227	0.1703
	$u = 75.0$						
$P = 4$ kg.	140.9	143.8	143.7	195.1	3.595	226	
$l = 369.2$ mm.	140.0	141.0	144.0	196.0	3.610	227	
$dS = 26.347$ kg.	141.4	142.0	142.0	195.0	3.593	228	
$t = 13^0.2$	140.0	140.5	145.9	197.3	3.635	227	
	141.8	142.0	144.0	195.7	3.605	226	
	141.5	142.2	146.8	197.7	3.643	227	
med.	140.9	141.9				227	0.3210
	$u = 141.4$						
$P = 6$ kg.	208.9	207.5	175.4	218.0	4.038	233	
$l = 370.0$ mm.	208.9	204.1	179.4	219.0	4.057	230	
$dS = 38.682$ kg.	201.7	202.8	175.1	219.2	4.061	236	
$t = 13^0.2$	205.9	202.9	176.5	219.5	4.067	235	
	204.0	205.0	171.6	215.7	3.994	233	
	206.0	204.2	175.2	219.0	4.057	236	
med.	205.9	204.4				234	0.4802
	$u = 205.2$						

Tab. XX. **Aluminiumtråd** (ser. 1 o. 2).

Belastning m. m.	u_1	u_2	u_δ	δ	I_{II}	$\frac{w}{u_\delta} \cdot 10^5$	W
1.	46.3	47.8	48.7	141.5	2.580	164	
$P = 0.5$ kg.	46.2	46.9	49.6	143.6	2.620	166	
$l = 371.2$ mm.	46.8	47.2	50.9	146.0	2.667	166	
$dS = 4.915$ kg.	46.9	47.3	51.6	146.1	2.669	165	
$t = 14^0.5$	46.7	48.3	47.0	140.0	2.552	166	
	46.9	46.4	49.3	143.0	2.608	165	
med.	46.6	47.4				165	0.0776
	$u = 47.0$						
1.	75.3	77.0	73.4	175.2	3.219	169	
$P = 1$ kg.	76.6	77.0	76.2	180.0	3.309	172	
$l = 370.8$ mm.	75.7	77.0	77.0	178.5	3.280	167	
$dS = 7.974$ kg.	75.6	75.6	77.3	178.3	3.276	166	
$t = 14^0.5$	75.7	76.9	72.2	174.7	3.209	171	
	76.0	76.8	78.3	181.0	3.326	169	
med.	75.8	76.7				169	0.1288
	$u = 76.2$						
2.	45.0	45.1	43.0	140.0	2.553	182	
$P = 0.5$ kg.	44.0	45.6	43.3	140.9	2.568	183	
$l = 372.2$ mm.	43.4	44.0	43.8	141.0	2.570	181	
$dS = 4.928$ kg.	43.0	44.2	46.0	143.7	2.622	179	
$t = 14^0.0$	43.0	44.3	46.9	144.6	2.640	178	
	43.2	45.0	48.1	146.0	2.666	177	
med.	43.6	44.7				180	0.0796
	$u = 44.2$						
2.	70.8	72.0	72.0	177.3	3.258	177	
$P = 1$ kg.	71.2	71.2	71.1	177.2	3.256	178	
$l = 371.6$ mm.	70.2	71.9	71.3	177.6	3.264	179	
$dS = 7.991$ kg.	71.1	70.8	70.9	176.9	3.250	179	
$t = 14^0.0$	71.0	71.2	74.2	181.0	3.327	179	
	70.7	70.9	70.9	177.5	3.262	180	
med.	70.8	71.3				179	0.1273
	$u = 71.1$						

Tab. XXI. **Aluminiumtråd** (ser. 3 o. 4).

Belastning m. m.	u_1	u_2	u_δ	δ	I_{II}	$\frac{w}{u_\delta}.10^5$	W
3.	43.7	45.1	43.0	139.7	2.547	181	
$P = 0.5$ kg.	43.0	43.9	44.8	142.3	2.595	180	
$l = 372.2$ mm.	43.4	45.6	44.8	142.5	2.599	181	
$dS = 4.928$ kg.	42.2	43.1	46.1	143.7	2.622	179	
$t = 15^0.0$	43.7	44.0	44.6	141.6	2.582	179	
	42.5	43.0	44.0	140.8	2.568	180	
med.	43.1	44.1				180	0.0785
	$u = 43.6$						
3.	70.0	70.0	63.8	170.7	3.135	185	
$P = 1$ kg.	70.1	71.8	68.3	175.7	3.229	183	
$l = 371.9$ mm.	71.9	70.0	73.5	180.5	3.319	179	
$dS = 7.997$ kg.	70.5	70.5	70.9	179.0	3.290	183	
$t = 15^0.0$	70.7	70.9	73.1	181.6	3.340	183	
	70.9	70.2	70.8	179.2	3.294	184	
med.	70.7	70.6				183	0.1294
	$u = 70.6$						
4.	44.5	45.2	42.0	136.1	2.479	175	
$P = 0.5$ kg.	45.4	45.6	46.7	143.0	2.609	175	
$l = 371.9$ mm.	44.6	45.2	45.8	142.3	2.595	176	
$dS = 4.924$ kg.	45.1	45.9	47.7	143.5	2.619	174	
$t = 14^0.7$	45.5	45.8	46.3	142.4	2.597	175	
	45.0	45.9	44.1	139.4	2.540	175	
med.	45.0	45.6				175	0.0793
	$u = 45.3$						
4.	74.0	74.9	73.9	178.5	3.280	174	
$P = 1$ kg.	74.2	72.8	71.8	175.2	3.218	173	
$l = 371.6$ mm.	74.5	74.1	73.1	178.5	3.272	175	
$dS = 7.991$ kg.	73.4	73.9	71.9	175.0	3.218	173	
$t = 14^0.7$	75.0	73.8	74.8	179.1	3.292	174	
	74.0	74.0	74.9	179.0	3.290	173	
med.	74.2	73.9				174	0.1289
	$u = 74.1$						

Tab. XXII. Zinktråd.

Belastning m. m.	u_1	u_2	u_δ	δ	I_{II}	$\frac{w}{u\delta}.10^5$	W
1.	33.8	34.4	28.0	43.2	0.772	136	
$P=0.1$ kg.	33.3	34.0	28.9	43.9	0.785	136	
$l=370.2$ mm.	33.3	33.7	30.9	45.5	0.815	137	
$dS=2.470$ kg.	32.9	33.2	32.0	45.8	0.820	134	
$t=14^0.0$	32.7	32.7	31.1	45.5	0.815	136	
	32.8	31.8	31.1	45.5	0.815	136	
med.	33.1	33.3				136	0.0452
	u = 33.2						
2.	32.9	34.1	34.2	48.4	0.865	140	
$P=0.1$ kg.	32.9	33.9	31.0	46.0	0.824	140	
$l=371.2$ mm.	32.2	33.6	30.7	46.3	0.830	143	
$dS=2.476$ kg.	33.1	33.1	30.4	45.7	0.819	141	
$t=15^0.0$	32.1	32.1	30.1	45.7	0.819	142	
	32.0	31.8	31.0	45.7	0.819	138	
med.	32.5	33.1				141	0.0462
	u = 32.8						
3.	31.0	31.5	31.7	46.0	0.824	137	
$P=0.1$ kg.	31.3	31.5	36.9	48.5	0.869	131	
$l=371.2$ mm.	30.3	31.8	34.3	47.6	0.852	135	
$dS'=2.476$ kg.	33.1	33.5	34.3	47.4	0.848	134	
$t=13^0.0$	32.2	30.7	34.2	47.4	0.848	134	
	30.8	31.5	34.2	47.4	0.848	134	
med.	31.5	31.7				134	0.0424
	u = 31.6						

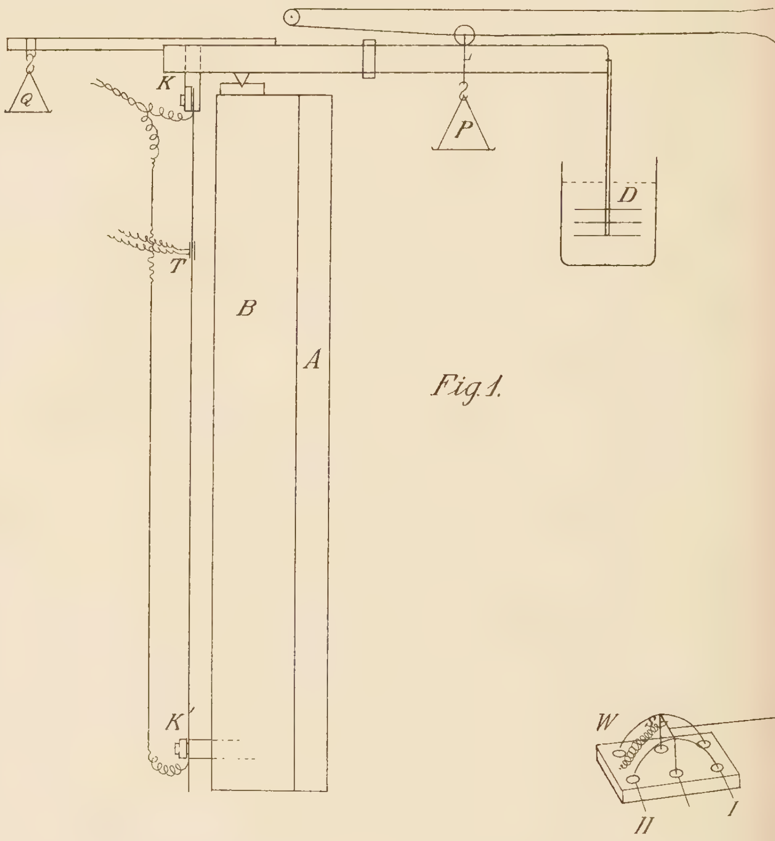
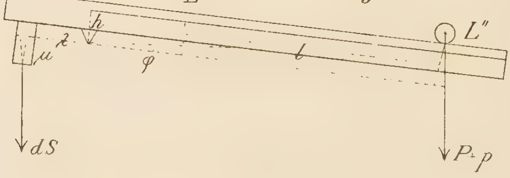


Fig. 1.

Fig. 2.



A.E. Andersson del.

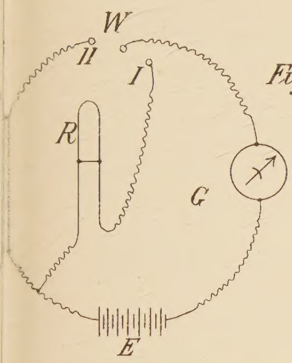
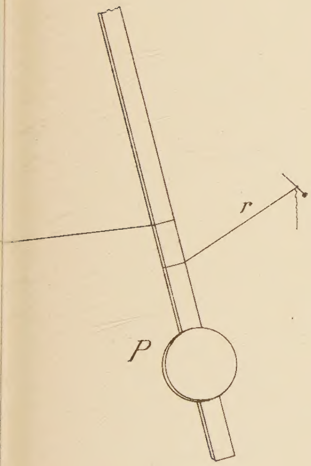


Fig. 3.



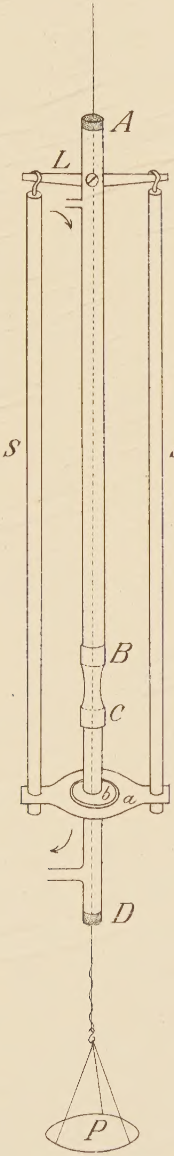


Fig. 5.

Lith. L. Ljunggren Upsala